(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年9月6日(06.09.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/167928 A1

(51) 国際特許分類:
G01M 11/02 (2006.01) *H04J 14/04* (2006.01)
H04B 10/2581 (2013.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/007253

(22) 国際出願日： 2019年2月26日(26.02.2019)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2018-035867 2018年2月28日(28.02.2018) JP

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目５番１号 Tokyo (JP).

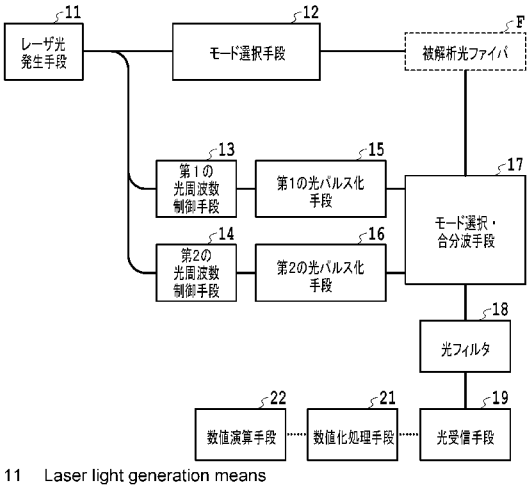
(72) 発明者: 高橋 央 (**TAKAHASHI Hiroshi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 小田 友和 (**ODA Tomokazu**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 戸毛 邦弘 (**TOGE Kunihiro**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 真鍋 哲也 (**MANABE Tetsuya**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 谷・阿部特許事務所 (**TANI & ABE, P.C.**); 〒1070052 東京都港区赤坂２丁目６－２０ Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) **Title:** PROPAGATION CHARACTERISTIC ANALYSIS DEVICE AND PROPAGATION CHARACTERISTIC ANALYSIS METHOD

(54) 発明の名称： 伝搬特性解析装置および伝搬特性解析方法



11 Laser light generation means
12 Mode selection means
13 First light frequency control means
14 Second light frequency control means
15 First light pulsing means
16 Second light pulsing means
17 Mode selection/multiplexing and demultiplexing means
18 Light filter
19 Light receiving means
21 Digitization processing means
22 Numerical calculation means
F Optical fiber to be analyzed

(57) **Abstract:** This propagation characteristic analysis device uses Brillouin time domain analysis to analyze a propagation characteristic over the length direction of an optical fiber to be analyzed, which is a multiple mode optical fiber for multiplexing multiple modes. The propagation characteristic analysis device is characterized by comprising: a means for inputting probe light of a desired mode from the distal end of the optical fiber to be analyzed; a means for inputting, from the proximal end of the optical fiber to be analyzed, as pump light with respect to the probe light, a light pulse of a desired mode which has a frequency difference corresponding to the Brillouin frequency shift of the desired mode with respect to the probe light; and a means for inputting, from the proximal end of the optical fiber to be analyzed, as second probe light which is probe light with respect to the probe light, a light pulse which is of a mode different from the desired mode and which has, with respect to the probe light, a frequency difference corresponding to the Brillouin frequency shift of the different mode.

WO 2019/167928 A1

[続葉有]

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約:複数のモードを多重する数モード光ファイバを被解析光ファイバとして長さ方向にわたる伝搬特性をブリルアン時間領域解析法により解析する伝搬特性解析装置であって、所望のモードのプローブ光を前記被解析光ファイバの遠端から入力する手段と、前記所望のモードの光パルスであって、前記プローブ光に対して前記所望のモードのブリルリアン周波数シフトに相当する周波数差を有する光パルスを、前記プローブ光に対するポンプ光として前記被解析光ファイバの近端から入力する手段と、前記所望のモードとは異なる別モードの光パルスであって、前記別モードのブリルアン周波数シフトに相当する周波数差を前記プローブ光に対して有する光パルスを、前記プローブ光に対するプローブ光である第２のプローブ光として前記被解析光ファイバの近端から入力する手段とを備えたことを特徴とする伝搬特性解析装置である。

明　細　書

発明の名称 ： 伝搬特性解析装置および伝搬特性解析方法

技術分野

[0001] 本発明は、伝搬特性解析装置および伝搬特性解析方法に関し、特に数モード光ファイバ（以下、「ＦＭＦ」とも称する）やそれを用いた光伝送システムにおいて、伝搬特性を非破壊に評価するための伝搬特性解析装置および伝搬特性解析方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、基幹通信網のトラフィック量の増加はめざましく、将来的にはＰｂｐｓ／１心級の大容量伝送が必要であると言われている。このような大容量化に対応するため、現在の光ファイバ伝送路で用いられているシングルモード光ファイバの容量限界を打破する光ファイバとして、複数のモードを伝搬するＦＭＦ（Ｆｅｗ　ｍｏｄｅ　ｆｉｂｅｒ）を用いたモード分割多重伝送が大きな注目を集めている。

[0003] ＦＭＦを用いて実現した光伝送システムには、光ファイバ伝送路を構成するモード合分波デバイスの他に、接続点や光ケーブル内における光ファイバの曲げ等があり、複数のモード変換点が存在する。その各々において発生するモード間の結合比率を知り、光ファイバ伝送路全体における伝送路特性（モード毎の損失、結合比率、群遅延差など）を適正に設計・制御する必要がある。

[0004] 非特許文献１では、複数チャネルを有する光時間領域反射計（Ｏｐｔｉｃａｌ　Ｔｉｍｅ　Ｄｏｍａｉｎ　Ｒｅｆｌｅｃｔｏｍｅｔｒｙ、以下ＯＴＤＲと称する）を用いて、任意のモード、例えばＬＰ０１モードの光をＦＭＦに励振し、ＦＭＦを伝搬する際に生じた当該モードの光による後方レイリー散乱光と、励振したモードとは別のモード、例えばＬＰ１１モードの光に結合した光による後方レイリー散乱光のパワー比率より、ＬＰ０１モードとＬＰ１１のモード間における結合比率を分布的に評価する手法が提案されている。

[0005] 非特許文献２では、ブリルアン時間領域反射計（Ｂｒｉｌｌｏｕｉｎ Ｔｉｍｅ Ｄｏｍａｉｎ Ｒｅｆｌｅｃｔｏｍｅｔｒｙ、以下ＢＯＴＤＲと称する）を用いた手法が提案されている。この文献で提案されている手法は、非特許文献１に記載の方法と異なり、入射した光の周波数に対して、各モードにおける伝搬定数の違いから、発生する後方ブリルアン散乱光のブリルアン周波数シフトが異なることを利用している。

非特許文献３では、ブリルアン時間領域解析法（Ｂｒｉｌｌｏｕｉｎ Ｔｉｍｅ Ｄｏｍａｉｎ Ａｎａｌｙｓｉｓ、以下ＢＯＴＤＡと称する）を用いた手法が提案されている。非特許文献２の方法と異なり、光周波数の異なる２つの光を、同一のモードで励振することで、光ファイバ中で所望のモードのみで誘導ブリルアン散乱を強く発生できることを利用している。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1：M. Nakazawa et. al., “Measurement of mode coupling distribution along a few-mode fiber using a synchronous multi-channel OTDR” Opt. Express, Vol. 22, No.25, p. 31299-31309 (2014).

非特許文献2：An Li et. al., “Measurement of distributed mode coupling in a few-mode fiber using a reconfigurable Brillouin OTDR” Optics Letters, Vol. 39, no. 22, p. 6418 (2014).

非特許文献3：H. Takahashi et. al., “Distributed Measurement of Single-way Inter-modal Crosstalk in Spliced FMFs Based on BOTDA” OFC2017, Th4H.3 (2017).

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 非特許文献１に記載の方法では、入射光の後方レイリー散乱光を用いているため、測定対象で発生する強いフレネル反射が測定に影響し、これを除去するための特別な手段が必要になる。また、光ファイバ伝送路上のあるモー

ド変換点に対して、入射光の伝搬方向に進む際に透過するだけでなく、前記入射光の後方レイリー散乱光が入射方向に戻ってくる際に再び通過するため、後方レイリー散乱によって生じるモード結合は、被解析光ファイバの長さ方向に渡って均一であるという前提が無いと、ＯＴＤＲから得られる各モードのパワー比率からだけでは、あるモード変換点においてモード間の結合状態を特定することができないといった課題がある。

[0008] 非特許文献２に記載の方法は、各モードにおける後方ブリルアン散乱光のパワー比率を入射した光と周波数軸上で分解することができるため、非特許文献１に記載の方法におけるフレネル反射光の課題に対して有効である。この方法では、周波数軸上で分解した各モード間における後方ブリルアン散乱光スペクトルのピーク振幅の長さ方向分布を算出し、被解析光ファイバの長さ方向における前記ピーク振幅比の分布を対数軸上にプロットし、その傾きの半分をモード結合比率としているため、あるモード変換点前後において、ブリルアン利得特性の異なる光ファイバが用いられた時、モード変換点前後でのオフセット量が異なり、正確なモード結合状態を測定できないといった問題がある。

[0009] さらに非特許文献１，２に記載の方法は、散乱光強度の長さ方向分布を算出し、被測定ファイバの長さ方向における前記散乱光強度の比の分布を対数軸上にプロットし、その傾きの半分をモード結合比率としているため、あるモード変換点のモード結合比率の方向依存性があると正確な測定ができないといった問題がある。

[0010] 非特許文献３に記載の方法は、光ファイバ中の任意の位置、かつ所望のモードで誘導ブリルアン散乱を強く発生させ、発生した誘導ブリルアン散乱光が受光器に到達するまでに受けたモード結合比率を測定できる。そのため、あるモード変換点のモード結合比率の方向依存性も含めて測定可能である。しかし、モード毎の誘導ブリルアン散乱スペクトルが厳密には独立でなく、周波数軸上で重なりがあるため、所望のモードのみを発生させることができず、クロストークによる誤差が生じるといった問題がある。

[0011] 本発明は従来の問題に鑑みなされたものであって、本発明の課題は、クロストークによる誤差の影響を減少させて、複数のモードを多重する数モード光ファイバを分布的にかつ非破壊に正確に評価することができる伝搬特性解析装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] 上記の課題を解決するために、一実施形態に記載された発明は、複数のモードを多重する数モード光ファイバを被解析光ファイバとして長さ方向にわたる伝搬特性をブリルアン時間領域解析法により解析する伝搬特性解析装置であって、所望のモードのプローブ光を前記被解析光ファイバの遠端から入力する手段と、前記所望のモードの光パルスであって、前記プローブ光に対して前記所望のモードのブリルリアン周波数シフトに相当する周波数差を有する光パルスを、前記プローブ光に対するポンプ光として前記被解析光ファイバの近端から入力する手段と、前記所望のモードとは異なる別モードの光パルスであって、前記別モードのブリルアン周波数シフトに相当する周波数差を前記プローブ光に対して有する光パルスを、前記プローブ光に対するプローブ光である第２のプローブ光として前記被解析光ファイバの近端から入力する手段とを備えたことを特徴とする伝搬特性解析装置である。

[0013] 他の一実施形態に記載された発明は、複数のモードを多重する数モード光ファイバを被解析光ファイバとして長さ方向にわたる伝搬特性をブリルアン時間領域解析法により解析する伝搬特性解析方法であって、所望のモードのプローブ光を前記被解析光ファイバの遠端から入力するステップと、前記所望のモードの光パルスであって、前記プローブ光に対して前記所望のモードのブリルリアン周波数シフトに相当する周波数差を有する光パルスを、前記プローブ光に対するポンプ光として前記被解析光ファイバの近端から入力するステップと、前記所望のモードとは異なる別モードの光パルスであって、前記別モードのブリルアン周波数シフトに相当する周波数差を前記プローブ光に対して有する光パルスを、前記プローブ光に対するプローブ光である第２のプローブ光として前記被解析光ファイバの近端から入力するステップと

を含むことを特徴とする伝搬特性解析方法である。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の第１の実施形態を示すブロック構成図である。

[図2]本発明の実施形態に係る光ファイバ伝送路モデル図である。

[図3]本発明の実施形態に係る測定点でのポンプ光のＬＰ０１モードにおける振幅ａ０によるブリルアン利得スペクトルの観測例である。

[図4]本発明の実施形態に係る測定点でのポンプ光のＬＰ１１モードにおける振幅ａ０によるブリルアン利得スペクトルの観測例である。

[図5]２次プローブ光を用いた場合の発生する合成ブリルアン利得の模式図である。

[図6]ポンプパルスと２次プローブパルスのパルス化の一例である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

[0016] 本実施形態の伝搬特性解析装置は、複数のモードを多重する数モード光ファイバを被解析光ファイバとして長さ方向にわたる伝搬特性をブリルアン時間領域解析法（Ｂｒｉｌｌｏｕｉｎ ｏｐｔｉｃａｌ ｔｉｍｅ ｄｏｍａｉｎ ａｎａｌｙｓｉｓ：ＢＯＴＤＡ）により解析する伝搬特性解析装置において、プローブ光よりも強励起された光を２次のプローブ光として用いることによってプローブ光に発生するブリルアン損失により、所望のモードとは異なる別モードにより発生するブリルアン利得を相殺することによってクロストークを抑制している。ブリルアン時間領域解析法（ＢＯＴＤＡ）は、例えば非特許文献３に記載された手法を用いることができる。

[0017] 本実施形態の伝搬特性解析装置は、ブリルアン時間領域解析法（ＢＯＴＤＡ）により解析する伝搬特性解析装置において、さらに、所望のモードのプローブ光を被解析光ファイバの遠端から入力する手段と、所望のモードの光パルスであって、プローブ光に対して所望のモードのブリルリアン周波数シフトに相当する周波数差を有する光パルスを、プローブ光に対するポンプ光として被解析光ファイバの遠端から入力する手段と、所望のモードとは異な

る別モードの光パルスであって、別モードのブリルアン周波数シフトに相当する周波数差を前記プローブ光に対して有する光パルスを、プローブ光に対するプローブ光である第２のプローブ光として被解析光ファイバの近端から入力する手段とを備えている。

[0018] この構成により、ポンプ光とプローブ光との間の所望のモード以外の誘導ブリルアン散乱により発生するブリルアン利得を、プローブ光と２次のプローブ光との間の所望のモード以外の誘導ブリルアン散乱により発生するブリルアン損失で相殺することができるので、被解析光ファイバのモード毎の誘導ブリルアン散乱スペクトルが重なっている場合でも、クロストークによる誤差を抑制することができる。これによって、光伝搬方向依存性に影響されることなく、モード変換点におけるモード結合比率を正確に把握することが可能となる。さらには、光出力端に接続した被解析対象の光ファイバや光ファイバ伝送路におけるモード結合比率を分布的にかつ非破壊に評価することができるものである。

[0019] 図１は、本発明の実施形態に係る伝搬特性解析装置の一例を示すブロック構成図である。本実施形態の伝搬特性解析装置では、図１に示すように、レーザ光発生手段１１は、出力が３分岐され、モード選択手段１２と、第１の光周波数制御手段１３と、第２の光周波数制御手段１４とにそれぞれ接続されている。モード選択手段１２は被解析光ファイバＦの遠端に接続されている。第１の光周波数制御手段１３は、第１の光パルス化手段１５にさらに接続されており、第２の光周波数制御手段１４は、第２の光パルス化手段１６にさらに接続されている。第１の光パルス化手段１５および第２の光パルス化手段１６は、モード選択・合波手段１７に接続されている。モード選択・合波手段１７は、さらに被解析光ファイバＦの近端に接続されるとともに光フィルタ１８に接続されている。光フィルタ１８は、さらに光受信手段１９に接続されており、光受信手段１９には、測定系である、数値化処理手段２１および数値演算手段２２が順次接続されている。

[0020] 本実施形態の伝搬特性解析装置では、レーザ光発生手段１１の３分岐され

た出力のうち、分岐された光の１つ目は、モード選択手段１２に入力されて所望のモードが選択されて、被解析光ファイバＦの遠端から入力されるプローブ光として用いられる。

[0021] 分岐された光の２つ目は、第１の光周波数制御手段１３に入力され、入力された光は、被解析光ファイバＦのブリルアン周波数シフトに相当する約１０～１１ＧＨｚ程度の周波数差を高い周波数側に付与されたのちに、第１の光パルス化手段１５によってパルス化され、プローブ光との間でブリルアン増幅を生じさせるポンプ光として用いられる。

[0022] 分岐された光の３つ目は、第２の光周波数制御手段１４によって被解析光ファイバのブリルアン周波数シフトに相当する約１０～１１ＧＨｚ程度の周波数差を低い周波数側に付与されたのちに、第２の光パルス化手段１６によってパルス化され、プローブ光との間でブリルアン損失を生じさせる２次プローブ光として用いられる。

[0023] ポンプ光、２次プローブ光は、モード選択・合分波手段１７によってモードが選択されて被解析光ファイバＦの近端から入射される。モード選択・合分波手段１７では、ポンプ光については測定対象のモードを選択し、２次のプローブ光については測定対象とは異なる別モードを選択する。また、モード選択・合分波手段１７では、ポンプ光のパルス位置とプローブ光のパルス位置が重ならないように合波する。

[0024] 被解析光ファイバＦにおける所望の位置において、プローブ光はポンプ光と相互作用し、ブリルアン増幅された後、被解析光ファイバＦの遠端から出射され再びモード選択・合分波手段１７によってモードごとに分波される。

[0025] 分波されたモードごとの出射光は、光フィルタ手段１８によってポンプ光および２次プローブ光のレイリー散乱成分が除去されたのち、光受信手段１９にて受信され、電気信号に変換される。受信された電気信号は適宜増幅された後に、数値化処理手段２１にて数値化され、数値演算手段２２を用いてポンプ光と相互作用していないプローブ光強度との差分を、平均化処理を行うことによって、ブリルアン利得を演算することにより、数モード光ファイ

バの伝搬特性を解析する。

[0026] ここで、本実施形態の伝搬特性解析装置において２次のプローブ光を使用しない状態では、第１の光周波数制御手段１３にて、プローブ光とポンプ光間の周波数差が変化するようにポンプ光の周波数を適宜変えたときに被解析光ファイバＦの近端から出射される出射光から、数値演算手段２２は、ブリルアン利得を演算し、周波数毎のブリルアン利得（ブリルアン利得スペクトル）を取得することができるといえる。

[0027] 本実施形態の伝搬特性解析装置では、第１の光周波数制御手段１３による周波数制御に加えて、第２の光周波数制御手段１４にて、プローブ光と２次プローブ光間の周波数差が変化するように２次のプローブ光の周波数を適宜変えたときに被解析光ファイバＦの近端から出射される出射光から、数値演算手段２２が、上記と同様にブリルアン利得分布を得ることで、２次のプローブ光を使用しない状態では被解析光ファイバのモード毎の誘導ブリルアン散乱スペクトルが重なっている場合でも、測定対象外のモードのブリルアンスペクトルを除去し、所望の被解析光ファイバの任意の位置におけるブリルアン利得スペクトルを取得することができる。

[0028] 図１で示した本実施形態の伝搬特性解析装置の構成は一例であり、同様にブリルアン周波数シフトに相当する光周波数差をポンプ光とプローブ光間、プローブ光と２次プローブ光間に与え、所定のモードを選択して励起してブリルアン利得強度の信号を時間領域で取り出すことのできる装置構成であれば、手段は問わない。

[0029] 次に、本実施形態の伝搬特性解析装置における解析方法の原理についてさらに詳細に説明する。

[0030] ところで、ＦＭＦにおける誘導ブリルアン散乱現象を考えると、任意のモードにおけるブリルアン周波数シフトν_bは、下記式（１）で与えられる。

[0031] [数1]

$$\nu_b = \frac{2n_i V_a}{\lambda} \qquad \text{式（1）}$$

[0032] ここで、n_iは当該モードの実効屈折率、V_aは音響波の実効速度、λは真空中の波長である。

[0033] 式（１）によれば、ＦＭＦにおいては、伝搬するモードによりブリルアン周波数シフトが異なることを意味しており、得られる各モードにおける任意の位置でのブリルアンスペクトル情報が、モード毎に異なる周波数に対するピークを有する。本実施形態の伝搬特性解析装置は、ブリルアンスペクトル情報が、モード毎に異なる周波数に対するピークを有することを利用するものであるといえる。

[0034] 簡単のために２つのモードで伝搬するＦＭＦを考えた場合、ポンプ光とプローブ光とが各々、ＬＰ０１およびＬＰ１１モードの双方で振幅を有する場合には、３つのスペクトルピークを有すると考えられる。具体的には、ＬＰ０１モード同士のポンプ光成分－プローブ光成分間の相互作用により発生するスペクトルピークν_{01-01}と、ＬＰ０１モードのポンプ光成分とＬＰ１１モードのプローブ光成分間の相互作用により発生するスペクトルピークν_{01-11}と、ＬＰ１１モード同士のポンプ光－プローブ光成分間の相互作用により発生するスペクトルピークν_{11-11}との３つのスペクトルピークとである。なおスペクトルピークν_{01-11}はＬＰ１１モードのポンプ光成分とＬＰ０１モードのプローブ光成分間の相互作用でも発生する。

[0035] 図２は光ファイバ伝送路モデルを示す図である。まず、ここで図２の光ファイバ伝送路モデルにおいて簡単のためＬＰ０１のポンプ、プローブを被解析光ファイバに入射した場合のモードのポンプ光成分と所定のモードのプローブ光成分との相互作用について考える。なお、図２に示す光ファイバ伝送路モデルでは、複数の結合行列が存在しているので複数のモード変換点が存在している。ここでは伝送路の全長をＬ、モード変換点の位置をｚとし、伝送路途中に結合行列がＭなるモード変換点が含まれているとする。

[0036] 図２の光ファイバ伝送路モデルの測定点の位置におけるＬＰ０１、ＬＰ１１モードのポンプ光のパワーをa_0、a_1とし、入射プローブ光のパワーをP_rとすると、測定点の位置におけるプローブ光のパワーb_0、b_1は結合行列Ｍ（Ｌ

－ｚ）によってモード変換を生じ、以下の式（２）で与えられる。

[0037] [数2]

$$b_0 = m_{00}(L-z)P_r$$
$$b_1 = m_{10}(L-z)P_r \qquad \text{式（２）}$$

[0038] ここで、m_{ij}（Ｌ－ｚ）は結合行列Ｍ（Ｌ－ｚ）の要素である。測定点においてポンプ光によりブリルアン増幅を受けたプローブ光は、さらに結合行列Ｍ（ｚ）によってモード変換を生じ、ＬＰ０１、ＬＰ１１モードとして近端に到着する。a_0とb_0の間の相互作用を考えると、近端でＬＰ０１モードで観測されるプローブ光強度は、モード変換点以外の損失を無視すると、式（２）を用いて、式（３）となる。

[0039] [数3]

$$m_{00}(z)g_{01-01}(v)a_0b_0 = m_{00}(z)g_{01-01}(v)a_0m_{00}(L-z)P_r \quad \text{式（３）}$$

[0040] ここで、g_{01-01}（ｖ）は、v_{01-01}にピークを持つ利得プロファイルであり、m_{ij}（ｚ）は結合行列Ｍ（ｚ）の要素である。

[0041] 同様に、近端でＬＰ１１モードで観測されるプローブ光強度は、式（４）となる。

[0042] [数4]

$$m_{10}(z)g_{01-01}(v)a_0b_0 = m_{10}(z)g_{01-01}(v)a_0m_{00}(L-z)P_r \quad \text{式（４）}$$

[0043] したがって、測定点におけるブリルアン利得の総和は、式（３）と（４）より、式（５）となる。

[0044] [数5]

$$\{m_{00}(z)+m_{10}(z)\}g_{01-01}(v)a_0m_{00}(L-z)P_r \qquad \text{式（５）}$$

[0045] 同様に、a_0とb_1の間の相互作用を考えると、近端でＬＰ０１モードで観測されるプローブ光強度は、式（６）となり、

[0046] [数6]

$$m_{01}(z)g_{01-11}(v)a_0b_1 = m_{01}(z)g_{01-11}(v)a_0m_{10}(L-z)P_r \quad \text{式（６）}$$

[0047] 近端でＬＰ１１モードで観測されるプローブ光強度は、式（７）となる。

[0048] [数7]

$$m_{11}(z)g_{01-11}(v)a_0b_1 = m_{11}(z)g_{01-11}(v)a_0m_{10}(L-z)P_r \quad \text{式（7）}$$

[0049] したがって、測定点におけるブリルアン利得の総和は、式（６）と（７）より、式（８）となる。

[0050] [数8]

$$\{m_{01}(z)+m_{11}(z)\}g_{01-11}(v)a_0m_{10}(L-z)P_r \quad \text{式（8）}$$

[0051] 同様に、a_1とb_0の間の相互作用を考えると、近端でＬＰ０１モードで観測されるプローブ光強度は、式（９）となり、

[0052] [数9]

$$m_{00}(z)g_{11-01}(v)a_1b_0 = m_{00}(z)g_{11-01}(v)a_1m_{00}(L-z)P_r \quad \text{式（9）}$$

[0053] 近端でＬＰ１１モードで観測されるプローブ光強度は、式（１０）となる。

[0054] [数10]

$$m_{10}(z)g_{11-01}(v)a_1b_0 = m_{10}(z)g_{11-01}(v)a_1m_{00}(L-z)P_r \quad \text{式（10）}$$

[0055] したがって、測定点におけるブリルアン利得の総和は、式（９）と（１０）より、式（１１）となる。

[0056] [数11]

$$\{m_{00}(z)+m_{10}(z)\}g_{11-01}(v)a_1m_{00}(L-z)P_r \quad \text{式（11）}$$

[0057] 同様に、a_1とb_1の間の相互作用を考えると、近端でＬＰ０１モードで観測されるプローブ光強度は、式（１２）となり、

[0058] [数12]

$$m_{01}(z)g_{11-11}(v)a_1b_1 = m_{01}(z)g_{11-11}(v)a_1m_{10}(L-z)P_r \quad \text{式（12）}$$

[0059] 近端でＬＰ１１モードで観測されるプローブ光強度は、式（１３）となる。

[0060] [数13]

$$m_{11}(z)g_{11-11}(v)a_1b_1 = m_{11}(z)g_{11-11}(v)a_1m_{10}(L-z)P_r \quad \text{式（13）}$$

[0061] したがって、測定点におけるブリルアン利得の総和は、式（１２）と（１

３）より、式（１４）となる。

[0062] [数14]

$$\{m_{01}(z)+m_{11}(z)\}g_{11-11}(v)a_1m_{10}(L-z)P_r \qquad \text{式（１４）}$$

[0063] したがって、測定点におけるプローブ光のＬＰ０１モードが受けたブリルアン利得スペクトルは式（５）と式（１１）で示され、図３のようになる。また、測定点におけるプローブ光のＬＰ１１モードが受けたブリルアン利得スペクトルは式（８）と式（１４）であり、図４のようになる。

[0064] 実際には、測定点において、プローブ光はb_0、b_1双方の振幅を持つことになるため、測定を行うと図３と図４のスペクトルの和が得られることになる。ポンプ光とプローブ光はそれぞれ２つのモードで振幅を持つことになるので、それらが相互作用することによって、ν_{01-01}、ν_{01-11}、ν_{11-11}という３つのスペクトルピークを持つこととなり、式（５）がν_{01-01}にてピークを持つ利得プロファイル、式（１４）がν_{11-11}にてピークを持つ利得プロファイルをそれぞれ示し、式（８）および（１１）はν_{01-11}にてピークを持つ利得プロファイルが周波数軸上で重なることを意味している。

[0065] 今ここで、３つのスペクトルピークのうち、周波数軸上で分解できる特徴を利用して、ν_{01-01}の振幅のみに着目する。但し、ブリルアン利得スペクトルは幅を持つことから、ν_{01-01}の周波数帯にν_{01-11}とν_{11-11}の一部の強度の影響を受けることとなる。相互作用した後の光を、モード選択・合分波手段（図１ではモード選択・合分波手段１７）にて分波して受信側でＬＰ０１モードのみを選択した場合には以下の式（１５）が得られる。

[0066] [数15]

$$\begin{aligned}A(z_1)=&\,m_{00}(z_1)g_{01-01}(v_{01-01},z_1)a_0m_{00}(L-z_1)P_r\\&+X\{m_{00}(z_1)g_{11-01}(v_{01-11},z_1)a_1m_{00}(L-z_1)P_r+m_{01}(z_1)g_{01-11}(v_{01-11},z_1)a_0m_{10}(L-z_1)P_r\}\\&+Y\{m_{01}(z_1)g_{11-11}(v_{11-11},z_1)a_1m_{10}(L-z_1)P_r\}\end{aligned}$$

式（１５）

[0067] ここで、Ｘ、Ｙ（＜1）はν_{01-11}、ν_{11-11}にピークを持つブリルアン利得スペクトルのν_{01-01}の周波数における強度比を示す。

[0068] 同様に、受信側でＬＰ１１モードのみを選択した場合には、以下の式（１６）が得られる。

[0069] [数16]

$$B(z_1) = m_{10}(z_1)g_{01-01}(v_{01-01}, z_1)a_0 m_{00}(L-z_1)P_r + X\{m_{10}(z_1)g_{11-01}(v_{01-11}, z_1)a_1 m_{00}(L-z_1)P_r + m_{11}(z_1)g_{01-11}(v_{01-11}, z_1)a_0 m_{10}(L-z_1)P_r\} + Y\{m_{11}(z_1)g_{11-11}(v_{11-11}, z_1)a_1 m_{10}(L-z_1)P_r\}$$

式（１６）

[0070] ここで、ｍ１０、ｍ０１が０．１程度の弱結合の光ファイバ伝送路を仮定すると、

[0071] [数17]

$$1 > m_{10}(z_1),\ m_{01}(z_1),\ m_{10}(L-z_1),\ m_{01}(L-z_1) \gg m_{01}(z_1)m_{10}(L-z_1),\ m_{10}(z_1)m_{01}(L-z_1)$$
$$m_{00}(z_1) \cong m_{11}(z_1)$$

[0072] が成り立つ。上記条件より、Ａ（ｚ１）において、右辺の第３項と第４項は無視できるので、Ａ（z_1）とＢ（z_1）の比に着目すると、各モードで発生したブリルアン利得の比は式（１７）で表すことができる。

[0073] [数18]

$$\frac{B(z_1)}{A(z_1)} = \frac{m_{10}(z_1)}{m_{00}(z_1)} + \frac{m_{10}(L-z_1)}{m_{00}(L-z_1)} \frac{X\{g_{01-11}(v_{01-11}, z_1)a_0\} + Y\{g_{11-11}(v_{11-11}, z_1)a_1 m_{10}(L-z_1)\}}{g_{01-01}(v_{01-01}, z_1)a_0 + X\{g_{11-01}(v_{01-11}, z_1)a_1 m_{00}(L-z_1)\}}$$

式（１７）

[0074] ここで、式（１７）の右辺の第一項に注目すると、ブリルアン発生地点より手前の接続点におけるモード結合行列の要素以外の項はすべて相殺され、ＬＰ０１モードがモード変換点をポンプ光入射方向に通過する際のＬＰ０１モードに対するＬＰ１１モードの結合比率を示していることが分かる。

[0075] 一方、式（１７）の右辺の第二項は測定誤差となるが、Ｘ、Ｙが１より十分小さい場合は無視できる。また、Ｘ、Ｙが無視できない場合には、測定誤差Ｃ（ｚ）は、式（１７）における第二項の結合係数以外の部分をＺとおくと、式（１８）となり、モード変換点前のクロストークが誤差となる。

[0076] [数19]

$$C(z_1) \cong \frac{m_{10}(L-z_1)}{m_{00}(L-z_1)} Z \qquad \text{式（１８）}$$

[0077] 本実施形態の伝搬特性解析装置では、２次のプローブ光を用い、プローブ光と２次プローブ光間の周波数差を最適に配置することで、この誤差Ｃを減少させる。この２次のプローブ光についてさらに説明する。

[0078] 図５は２次プローブ光を用いた場合の発生する合成ブリルアン利得を説明する図である。図５において、実線は所望のモード、点線は所望のモード以外のモードで発生したブリルアン利得／損失スペクトルである。ここで、所望のモードにおいては、図３に示したＬＰ０１モードとＬＰ０１モード間の相互作用によるスペクトルとＬＰ１１モードとＬＰ０１モード間の相互作用によるスペクトルと、所望のモード以外では、図４に示したＬＰ０１モードとＬＰ１１間の相互作用によるスペクトルとＬＰ１１モードとＬＰ１１モード間の相互作用によるスペクトルが発生するが、簡単のため、ＬＰ０１モードとＬＰ０１モード間の相互作用によるスペクトルとＬＰ０１モードとＬＰ１１モード間の相互作用によるスペクトルのみで考える。

[0079] 図５に示すように、ブリルアン利得に対して、プローブ光と２次プローブ光間の周波数差をＬＰ０１モードとＬＰ１１モード間の相互作用によるブリルアン利得が減少するように、ＬＰ０１モードとＬＰ１１モードの周波数差に設定する。

[0080] ここで、ブリルアン利得の減少は、ブリルアン損失現象によっておこる。ブリルアン損失とは、ブリルアン相互作用の発生において、ポンプ光からプローブ光へ光エネルギーが移る際に、ポンプ光強度が減少することである。上記の周波数設定の場合、プローブ光と２次プローブ光のブリルアン相互作用において、プローブ光がポンプ光として作用し、２次プローブ光がプローブ光として作用する。そのため、ブリルアン損失はＬＰ０１モードとＬＰ１１モードとの相互作用のみで発生し、m_{10}（Ｌ－z_1）P_rのプローブ光強度が減少する。結果として、m_{10}（Ｌ－z_1）P_rで発生するブリルアン散乱光強度

が減少する。

[0081] このように設定した２次のプローブ光を、被解析光ファイバに対し、プローブ光とは反対側（ポンプ光と同じ側）から入射させることにより、所望のモード以外で発生したブリルアン利得を消すことができ、クロストークによる誤差を抑制することができる。

[0082] ２次のプローブ光は、連続光ではなく、ポンプ光に重ならないように調節されたパルスとして生成することができる。２次のプローブ光を、連続光として入射する場合、m_{10}（Ｌ－z_1）P_rだけでなく、求めたいm_{10}（z_1）P_rも減少させてしまうからである。

[0083] 図６にポンプ光と２次プローブ光パルスのパルス化の一例を示す。図６に示すように、ポンプ光と２次プローブ光パルスは、ポンプ入射時刻t_1で出力のＯＮ／ＯＦＦが切り替わるように設定する。この設定により、プローブ光は、プローブ光とポンプ光が衝突する時間より前でしか２次プローブ光との相互作用（ブリルアン損失）を受けない。つまり、ポンプ光とプローブ光の衝突する位置よりプローブ光入射側のプローブ光強度（m_{10}（Ｌ－z_1）P_r）のみを減少させられるため、求めたいm_{10}（z_1）P_rを減少させることを防ぐことが可能である。

[0084] 以上のように、被解析光ファイバに対して、２次のプローブ光をポンプ光と同じ側から入射させることでクロストークによる誤差を抑制して、ブリルアン時間領域解析法（ＢＯＴＤＡ）による解析を行うことで、モード変換点における結合状態を把握することができる。

[0085] 同様の解析を、ＬＰ１１モードのプローブ光を入射した場合について行うことで、ＬＰ１１モードがモード変換点をポンプ入射方向に通過する際のＬＰ１１モードに対するＬＰ０１モードの結合比率を取得できる。

[0086] 以上のとおり、光ファイバの途中に例えば接続点のようなモード変換点が存在する場合は、モード変換点より遠端側での誘導ブリルアン散乱現象を用いてその影響を受けたプローブ光を前述の通り解析することで、モード結合状態を知ることが出来る。被解析光ファイバの伝送路の長さ方向に渡って分

布的に結合状態を知るためには、前述のモード結合Ｍが無数に長さ方向に連続的に発生するモデル（Ｍ１，Ｍ２，・・・，Ｍｎ）ととらえることができ、被解析光ファイバの伝送路の入射端におけるモード励起状態、モード選択・合分波手段におけるモード結合比率が既知であれば、被解析光ファイバの伝送路全体に渡る結合状態の分布を評価することが可能となる。

[0087] 以上の実施形態では２つのモードを有するモード多重伝送路を対象としたが、３以上のモード多重伝送路でもよく、式の数が増えるだけで、同様の手法でモード結合状態を把握することができる。

[0088] 本実施形態の伝搬特性解析装置では、非特許文献１とは異なり、誘導ブリルアン散乱によって周波数軸上でモード間の現象を分解できるため、被解析光ファイバのフレネル反射光などの影響を受けず、これを除去するための特別な手段が不要である。この点は非特許文献２と共通の利点を有する。

[0089] さらに、非特許文献３において誤差となるＣ（z_1）について、プローブ光と２次プローブ光により減少できるため、高精度な伝搬特性の測定が可能である。

[0090] また、複数のモードを多重するモード多重光ファイバ伝送路において、モード変換点におけるモード結合比率を、被解析光ファイバのモード毎の誘導ブリルアン散乱スペクトルが重なっている場合でも、また光伝搬方向依存性に影響されることなく正確に把握することが可能となる。

符号の説明

[0091] １１ レーザ光発生手段

１２ モード選択手段

１３ 第１の光周波数制御手段

１４ 第２の光周波数制御手段

１５ 第１の光パルス化手段

１６ 第２の光パルス化手段

１７ モード選択・合波手段

１８ 光フィルタ

１９　光受信手段

２１　数値化処理手段

２２　数値演算手段

Ｆ　　被解析光ファイバ

請求の範囲

[請求項1] 複数のモードを多重する数モード光ファイバを被解析光ファイバとして長さ方向にわたる伝搬特性をブリルアン時間領域解析法により解析する伝搬特性解析装置であって、

所望のモードのプローブ光を前記被解析光ファイバの遠端から入力する手段と、

前記所望のモードの光パルスであって、前記プローブ光に対して前記所望のモードのブリルリアン周波数シフトに相当する周波数差を有する光パルスを、前記プローブ光に対するポンプ光として前記被解析光ファイバの近端から入力する手段と、

前記所望のモードとは異なる別モードの光パルスであって、前記別モードのブリルアン周波数シフトに相当する周波数差を前記プローブ光に対して有する光パルスを、前記プローブ光に対するプローブ光である第２のプローブ光として前記被解析光ファイバの近端から入力する手段とを備えたことを特徴とする伝搬特性解析装置。

[請求項2] 前記被解析光ファイバを伝搬して近端から出力される前記プローブ光のうちの前記所望のモードの成分と別モードの成分とを分離して受信するモード選択受信手段と、

前記モード選択受信手段により得られた各々のモード毎に観測されるブリルアン利得スペクトルを時間領域で解析する解析手段とを備え、

前記解析手段において、被解析光ファイバの任意の位置において、前記各々のモード毎に観測される前記ブリルアン利得スペクトルより数モード光ファイバの伝搬特性を取得することを特徴とする請求項１に記載の伝搬特性解析装置。

[請求項3] 各々のモード毎に観測されるブリルアン利得スペクトルの同じ周波数上で得られるブリルアン利得の強度比から数モード光ファイバのモード結合比率を算出することを特徴とする請求項１または２記載の伝搬特性解析装置。

[請求項4] 前記２次のプローブ光をパルス化する第２の光パルス化手段を備え、前記ポンプ光の入射時刻t_1でパルス出力を停止することを特徴とする請求項１または２記載の伝搬特性解析装置。

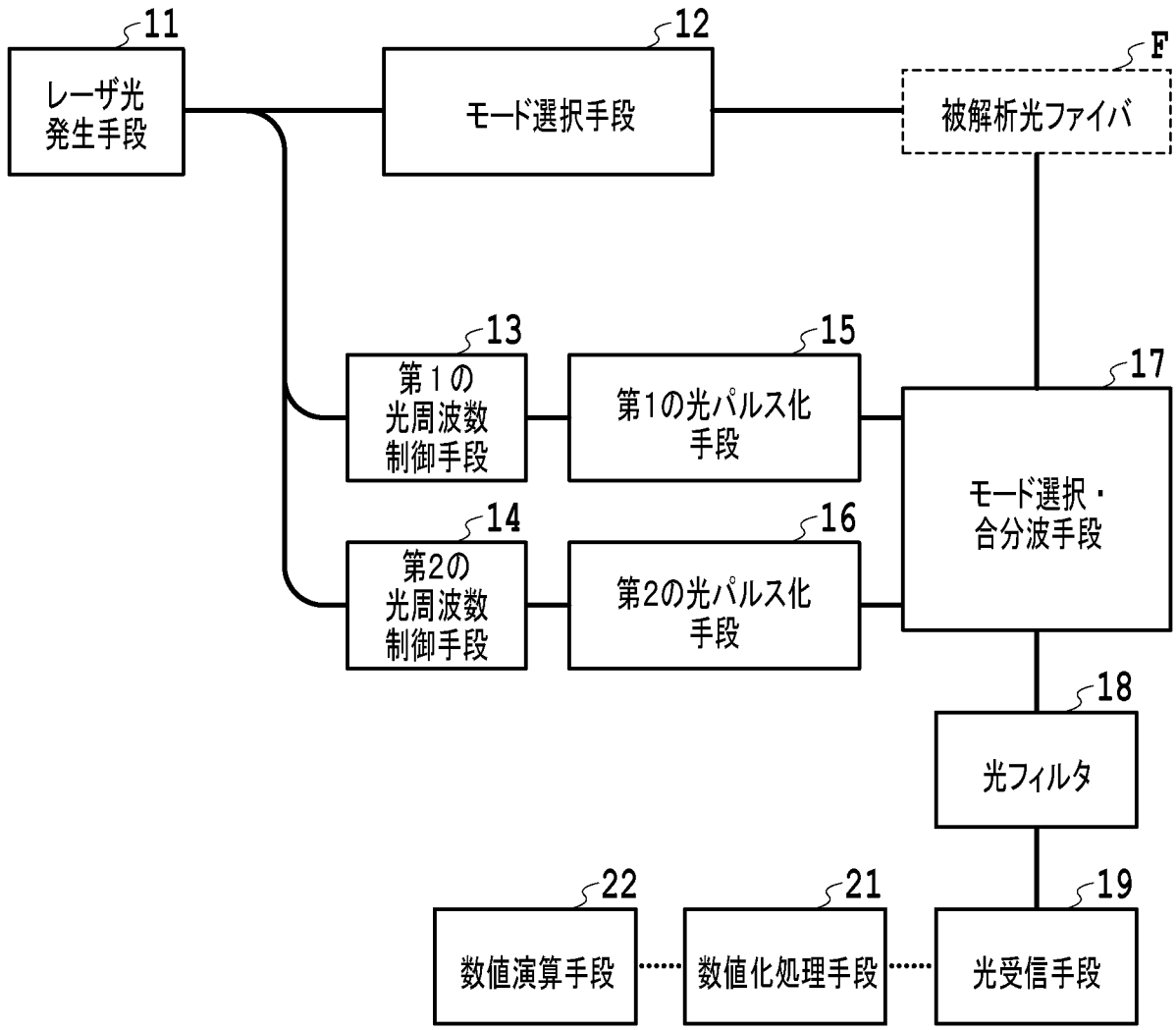
[請求項5] 複数のモードを多重する数モード光ファイバを被解析光ファイバとして長さ方向にわたる伝搬特性をブリルアン時間領域解析法により解析する伝搬特性解析方法であって、

所望のモードのプローブ光を前記被解析光ファイバの遠端から入力するステップと、

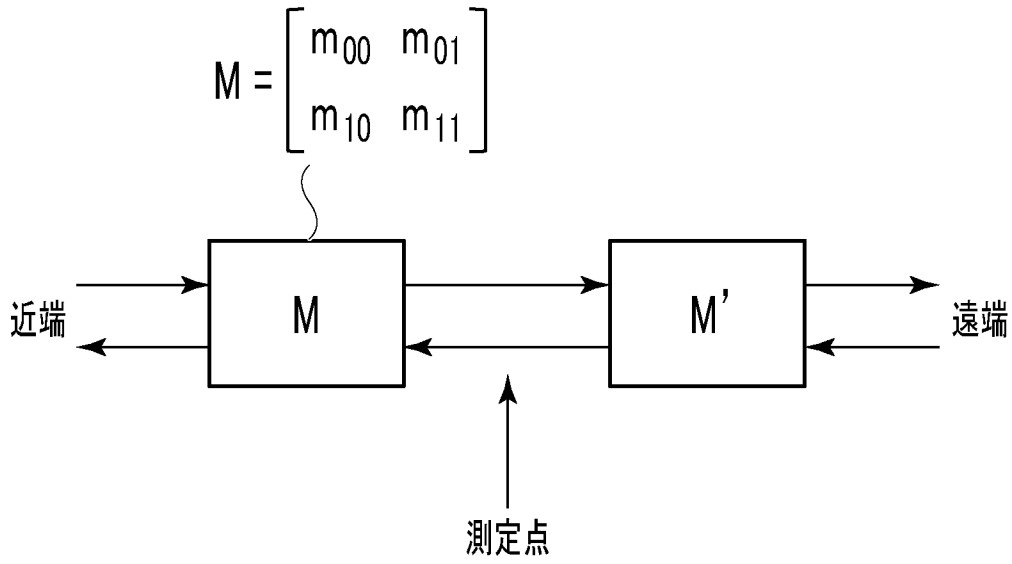
前記所望のモードの光パルスであって、前記プローブ光に対して前記所望のモードのブリルリアン周波数シフトに相当する周波数差を有する光パルスを、前記プローブ光に対するポンプ光として前記被解析光ファイバの近端から入力するステップと、

前記所望のモードとは異なる別モードの光パルスであって、前記別モードのブリルアン周波数シフトに相当する周波数差を前記プローブ光に対して有する光パルスを、前記プローブ光に対するプローブ光である第２のプローブ光として前記被解析光ファイバの近端から入力するステップとを含むことを特徴とする伝搬特性解析方法。

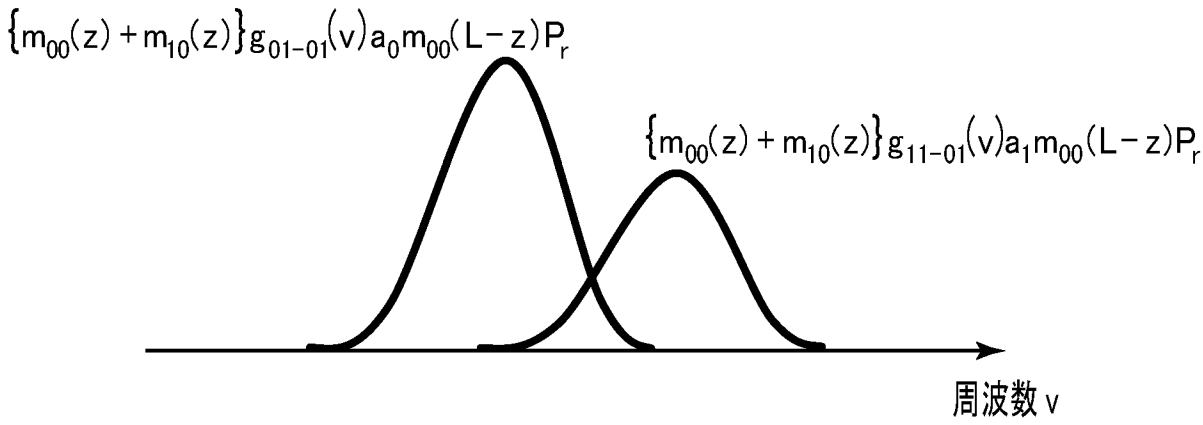
[図1]


11
レーザ光
発生手段
12
モード選択手段
F
被解析光ファイバ
13
第1の
光周波数
制御手段
15
第1の光パルス化
手段
17
モード選択・
合分波手段
14
第2の
光周波数
制御手段
16
第2の光パルス化
手段
18
光フィルタ
22
数値演算手段
21
数値化処理手段
19
光受信手段

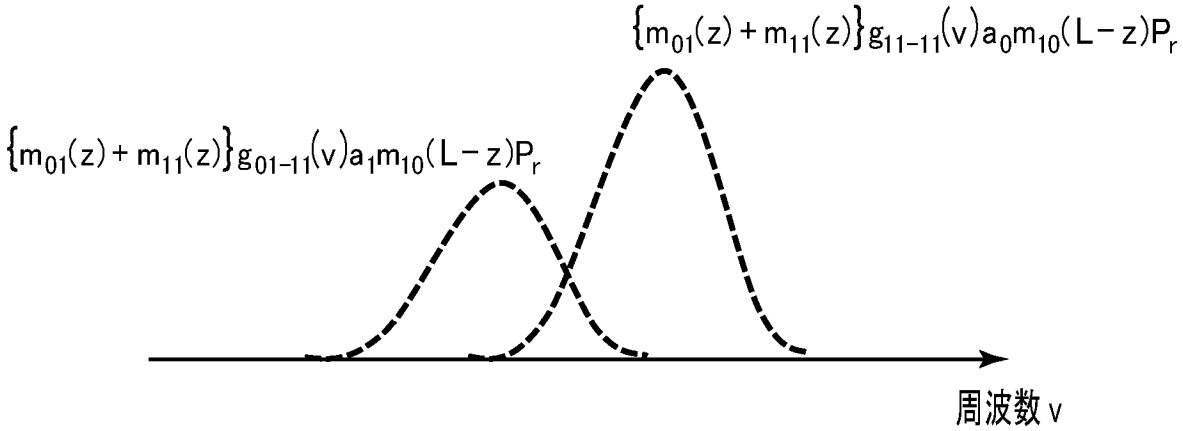
[図2]


M = [m00 m01; m10 m11]
近端
M
M'
遠端
測定点

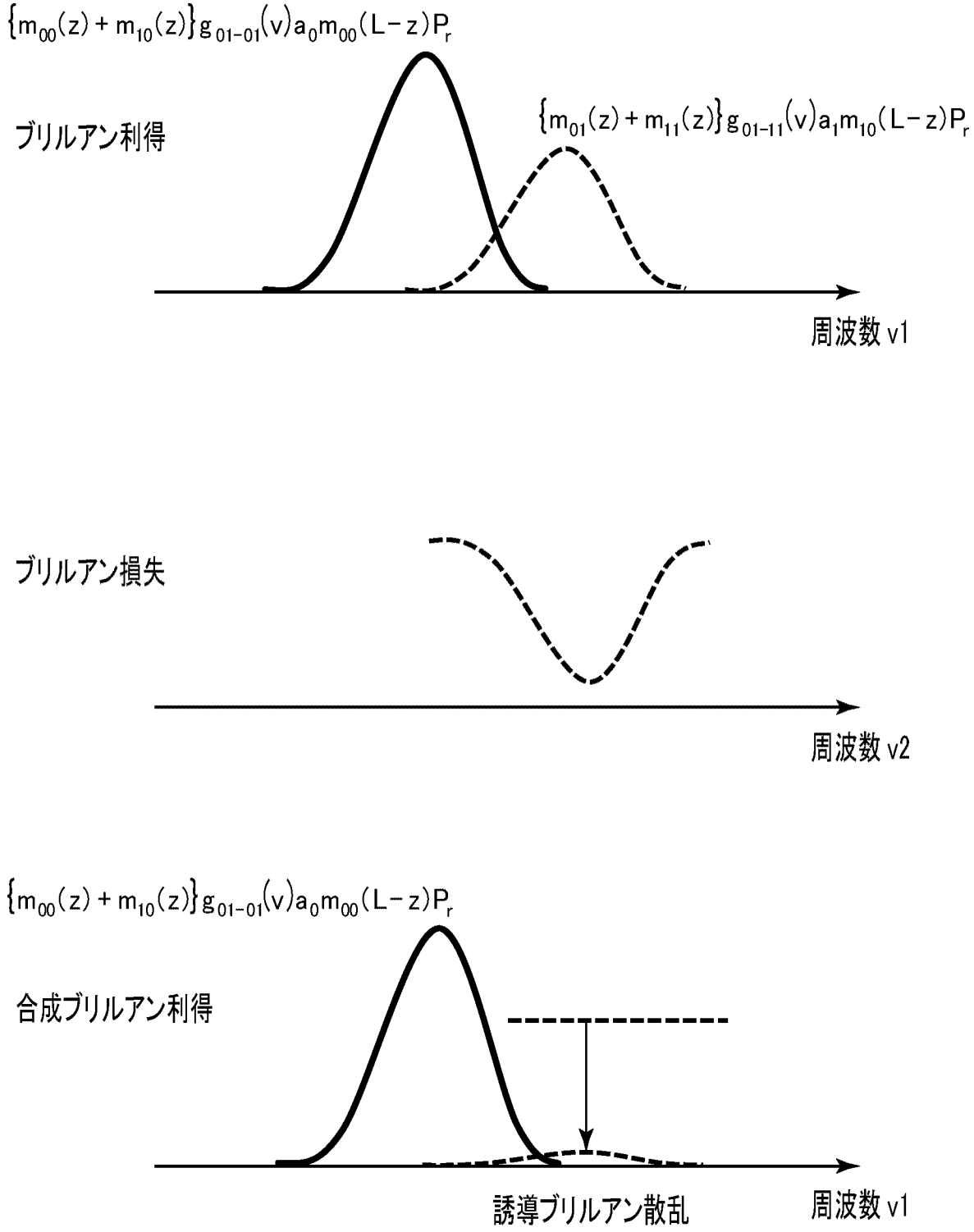
[図3]


$\{m_{00}(z)+m_{10}(z)\}g_{01-01}(v)a_0m_{00}(L-z)P_r$
$\{m_{00}(z)+m_{10}(z)\}g_{11-01}(v)a_1m_{00}(L-z)P_r$
周波数 v

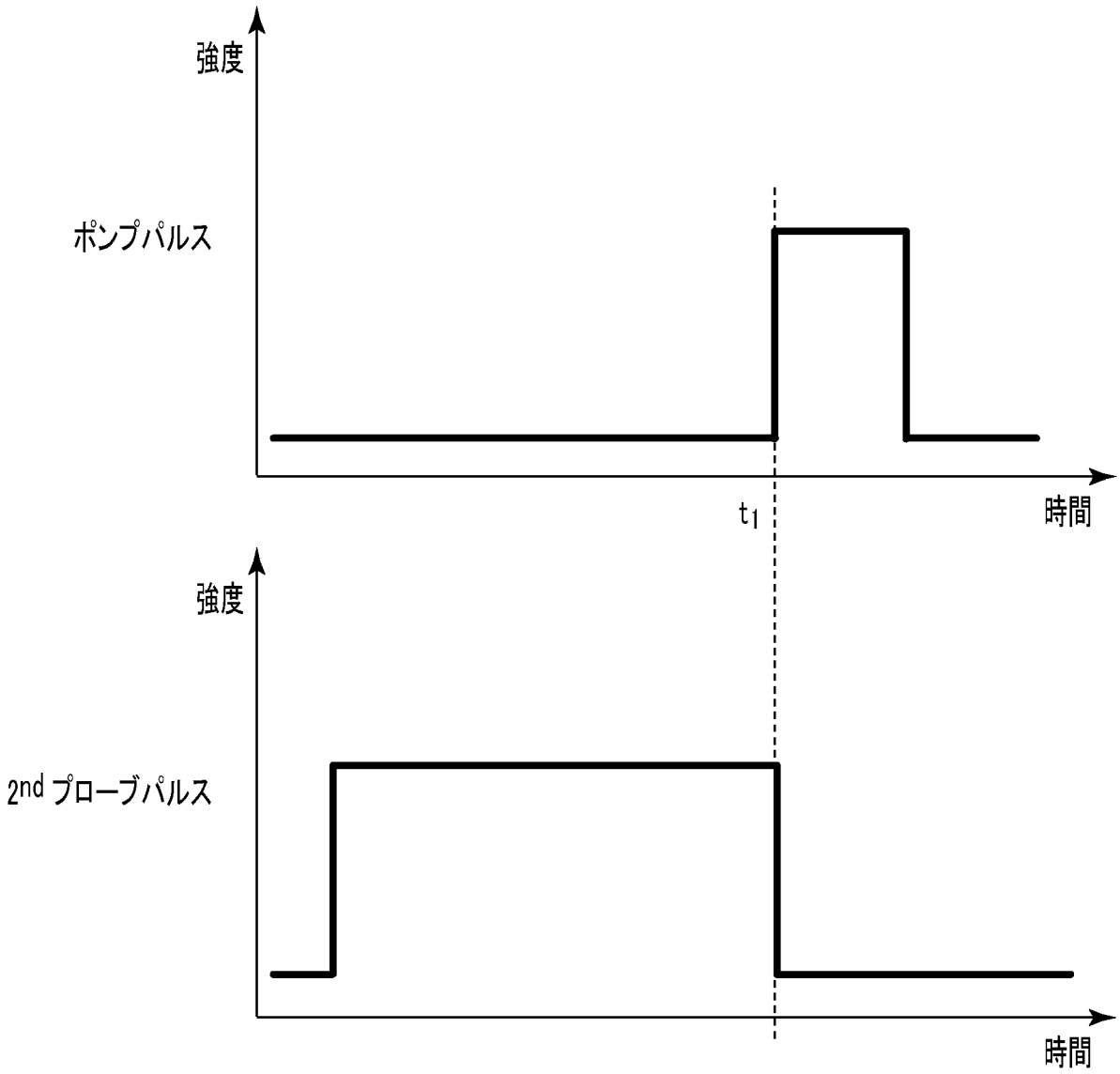
[図4]


$\{m_{01}(z)+m_{11}(z)\}g_{11-11}(v)a_0m_{10}(L-z)P_r$
$\{m_{01}(z)+m_{11}(z)\}g_{01-11}(v)a_1m_{10}(L-z)P_r$
周波数 v

[図5]


$\{m_{00}(z)+m_{10}(z)\}g_{01-01}(v)a_0m_{00}(L-z)P_r$
ブリルアン利得
$\{m_{01}(z)+m_{11}(z)\}g_{01-11}(v)a_1m_{10}(L-z)P_r$
周波数 v1
ブリルアン損失
周波数 v2
$\{m_{00}(z)+m_{10}(z)\}g_{01-01}(v)a_0m_{00}(L-z)P_r$
合成ブリルアン利得
誘導ブリルアン散乱
周波数 v1

[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/007253

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G01M11/02(2006.01)i, H04B10/2581(2013.01)i, H04J14/04(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. G01M11/00-11/08, H04B10/00-10/90, H04J14/00-14/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus(JDreamIII), JST7580(JDreamIII), JSTChina(JDreamIII), Science Direct, Scopus

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KIM et al., "Mapping of intermodal beat length distribution in an elliptical-core two-mode fiber based on Brillouin dynamic grating", OPTICS EXPRESS, 2014, vol. 22, no. 14, pp. 17292-17302	1-5
A	JP 2017-3338 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 05 January 2017 (Family: none)	1-5
A	US 2017/0310390 A1 (SHINER et al.) 26 October 2017 & EP 3236228 A1	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
13 May 2019 (13.05.2019)	21 May 2019 (21.05.2019)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／００７２５３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01M11/02(2006.01)i, H04B10/2581(2013.01)i, H04J14/04(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01M 11/00-11/08, H04B 10/00-10/90,H04J 14/00-14/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus (JDreamIII), JST7580 (JDreamIII), JSTChina (JDreamIII), Science Direct, Scopus

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	KIM et al., Mapping of intermodal beat length distribution in an elliptical-core two-mode fiber based on Brillouin dynamic grating, OPTICS EXPRESS, 2014, Vol.22,No.14, p.17292-17302	1-5
A	JP 2017-3338 A（日本電信電話株式会社）2017.01.05, （ファミリーなし）	1-5
A	US 2017/0310390 A1 (SHINER et al.) 2017.10.26, & EP 3236228 A1	1-5

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１３．０５．２０１９	２１．０５．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｗ　９５０５
小野寺　麻美子
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５８